

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

21 MAR 2005

REC'D 24 NOV 2003	
WIPO	PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 45 717.4

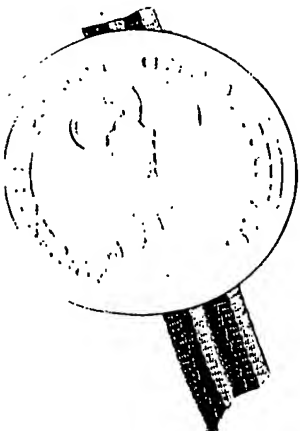
**Anmeldetag:** 25. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Technische Universität Berlin, Berlin/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen  
eines optischen Laserpulses

**IPC:** H 01 S 3/102

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.



München, den 28. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Schäfer

Technische Universität Berlin  
Straße des 17. Juni 135

10623 Berlin

IPA 104

---

## Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen eines optischen Laserpulses

---

### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erzeugen eines optischen Laserpulses.

Bekannt ist ein Verfahren zum Erzeugen von Laserpulsen, bei denen der Hilfslaser im Dauerbetrieb – also ungepulst – betrieben wird („Laser Diode Modulation and Noise“, K. Petermann, 1988, Kluwe Academic Publishers, Seite 46).

In der deutschen Offenlegungsschrift 199 41 122 A1 ist darüber hinaus ein Verfahren zur „Selbstinjektion“ beschrieben. Bei diesem Verfahren wird das Licht eines Lasers über eine Linse in eine Glasfaser eingekoppelt. In der Glasfaser ist ein Fasergitter mit einer Reflektivität zwischen 2 % und 50 % eingeschrieben, dessen spektrale Halbwertsbreite kleiner als der Abstand der Fabry-Perot-Moden des Lasers ist. Das in den Laser von der Glasfaser zurückgekoppelte Licht wirkt auf die Lichtemission im Laser zurück, wodurch sich kurze und jitterarme Pulse erzeugen lassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, bei dem jitterarme optische Laserpulse mit frei wählbarer Wiederholrate erzeugt werden. Unter dem Begriff

„Jitter“ wird dabei ein zeitliches Schwanken bzw. Rauschen der Pulslage der optischen Laserpulse verstanden, sei es relativ zu anderen jeweils zuvor erzeugten Laserpulsen oder sei es relativ zu dem den jeweiligen optischen Laserpuls erzeugenden elektrischen Steuersignal.

5

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgesehen. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 bis 9 beschrieben.

10     Danach ist vorgesehen, dass der optische Injektionspuls des HilfsLasers derart erzeugt wird, dass er in dem Hauptlaser zu einem Zeitpunkt eintrifft, zu dem aufgrund des Steuersignals die Ladungsträgerdichte im Hauptlaser die Schwellladungsträgerdichte zur Besetzungsinversion gerade erreicht hat oder gerade überschreitet.

15     Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass mit diesem sehr jitterarme Laserpulse – und zwar unabhängig von der Wiederholrate – erzeugt werden können. Dies soll nun kurz erläutert werden: Bei dem Erzeugen eines optischen Injektionspulses, beispielsweise mit einem Halbleiterlaser, ist – im zeitlichen Verlauf betrachtet – zunächst eine spontane Emission zu beobachten, die auf ein  
20     unkoordiniertes Rekombinieren von Elektron-Lochpaaren zurückzuführen ist. Zeitlich erst anschließend kommt es zur induzierten Rekombination aufgrund der erreichten Besetzungsinversion. Wird nun dieser durch die spontane Emission noch – bezogen auf das elektrische Hilfsteuersignal – relativ jitterbehaftete Injektionspuls zum „richtigen“  
25     Zeitpunkt in den Hauptlaser eingestrahlt, so werden die bereitgestellten und quasi auf Photonen „wartenden“ Elektron-Lochpaare im Hauptlaser sofort lawinenartig rekombinieren und einen optischen „Ausgangslaserpuls“ (Laserpuls) erzeugen, bei dem der Anteil der spontanen Emission relativ klein ist. Der resultierende Laserpuls des HauptLasers ist damit auch relativ frei von „Jitter“. Die erfinderische Idee besteht also im Kern darin, einen Injektionspuls genau zu dem Zeitpunkt bereitzustellen, in dem der  
30     Hauptlaser aufgrund seiner eigenen Ansteuerung gerade die Besetzungsinversion erreicht hat.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass sich optische Laserpulse mit beliebiger Wiederholrate erzeugen lassen, ohne dass die  
35     Eigenschaft des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass nämlich jitterarme Pulse erzeugt werden, verloren geht; so ist im Gegensatz zu dem „Selbstinjektionsverfahren“ gemäß

der o. g. deutschen Offenlegungsschrift 199 41 122 A1 keine Kavität vorhanden, dessen Länge die Wiederholrate der Laserpulse fest vorgibt.

Ein dritter wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass ein relativ einfacher und damit preisgünstiger Hilfs laser eingesetzt werden kann, da der Hilfs laser ausschließlich zum „Auslösen“ der Laserpulse benötigt wird; ein Dauerbetrieb („cw-Betrieb“) des Hilfs lasers mit hoher Dauerleistung, wie er in dem oben erwähnten Buch von K. Petermann beschrieben ist, ist somit nicht erforderlich. Im Übrigen wird durch einen „cw-Betrieb“ ein stets vorhandenes „Hintergrundsignal“ generiert, dass bei vielen Anwendungen störend ist; ein solches „Hintergrundsignal“ ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren stark reduziert.

Zum Auslösen der lawinenartigen induzierten Emission des Haupt lasers wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Wellenlänge des optischen Injektionspulses und die Wellenlänge des Lichts des Haupt lasers im wesentlichen gleich sind. Vorteilhaft liegt die Wellenlänge des optischen Injektionspulses innerhalb der Gewinnbandbreite des Haupt lasers.

Um einfach und damit vorteilhaft zu erreichen, dass der optische Injektionspuls „zum richtigen Zeitpunkt“ im Haupt laser eintrifft, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn der optische Injektionspuls durch Anlegen eines elektrischen Hilfssteuersignals generiert wird, wobei das Hilfssteuersignal am Hilfs laser zeitlich vor dem Steuersignal am Haupt laser angelegt wird und wobei die Zeitdifferenz zwischen dem Anlegen des Steuersignals am Haupt laser und dem Anlegen des Hilfssteuersignals am Hilfs laser mindestens der Zeitspanne entspricht, die der optische Injektionspuls vom Hilfs laser zum Haupt laser benötigt. Bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird berücksichtigt, dass der optische Injektionspuls eine optische Wegstrecke zurückzulegen hat, bevor er vom Hilfs laser kommend den Haupt laser erreicht.

Das zeitversetzte Anlegen des elektrischen Steuersignals und des elektrischen Hilfssignals lässt sich dabei in vorteilhafter Weise erreichen, indem die elektrischen Laufzeiten des Steuersignals und des Hilfssteuersignals zum Haupt- und Hilfs laser geeignet gewählt werden.

Das elektrische Steuersignal und das elektrische Hilfssteuersignal können dabei mit demselben Signalgenerator erzeugt werden; dabei ist dann der Signalgenerator über eine erste Ansteuerleitung mit dem Hauptlaser und über eine zweite Ansteuerleitung mit dem Hilfs laser zu verbinden. Die erste Ansteuerleitung und die zweite Ansteuerleitung müssen dabei nicht über ihre gesamte Leitungslänge völlig getrennte Einzelleitungen sein; im Hinblick auf eine Materialeinsparung ist es vielmehr als vorteilhaft anzusehen, wenn die erste und die zweite Ansteuerleitung zumindest abschnittsweise denselben Draht bzw. dieselbe Leitung gemeinsam benutzen.

Statt mit einem einzigen Signalgenerator können das Steuersignal und das Hilfssteuersignal auch mit zwei Signalgeneratoren erzeugt werden. Um dabei sicherzustellen, dass die Signale „im Takt“ sind, sollten die Signalgeneratoren vorzugsweise synchronisiert oder getriggert sein, beispielsweise durch ein gemeinsames Triggersignal.

Wie bereits oben erläutert, ist es vorteilhaft, wenn die Laufzeiten der elektrischen Signale (d. h. des Steuersignals und des Hilfssteuersignals) berücksichtigt werden; dies ist in einfacher Weise und damit vorteilhaft durchführbar, indem die Leitungslängen der elektrischen Ansteuerleitungen geeignet gewählt werden; beispielsweise kann die Länge der ersten Ansteuerleitung so gewählt sein, dass die Laufzeit des Steuersignals zum Hauptlaser so groß ist wie die Laufzeitssumme, die sich durch Addition aus der Laufzeit, die das Hilfssteuersignal über die zweite Ansteuerleitung zum Hilfs laser benötigt, und der Laufzeit, die der optische Injektionspuls vom Hilfs laser zum Hauptlaser benötigt, ergibt.

Das Einspeisen des Injektionspulses in den Hauptlaser lässt sich vorteilhaft über einen optischen Teiler, insbesondere einen Faserteiler erreichen, über den auch die Auskopplung des von dem Hauptlaser erzeugten Laserpulses erfolgt.

Da Halbleiterlaser besonders kostengünstig sind, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn der optische Injektionspuls und/oder der optische Laserpuls mit einem Halbleiterlaser erzeugt werden.

Im Übrigen wird es als vorteilhaft angesehen, wenn der optische Laserpuls mit einer spektral einmodig emittierenden Laserdiode erzeugt wird. Zum Erzeugen des elektrischen Injektionspulses kann beispielsweise ein DFB (Distributed Feedback Laser) - oder ein DBR (Distributed Bragg Reflection) – Laser verwendet werden.

Zum Erzeugen des optischen Laserpulses kann ein „einfacher“ Fabry-Perot-Laser verwendet werden.

- 5 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich im Übrigen nicht nur ein einzelner Laserpuls, sondern – nacheinander - auch eine Vielzahl von jitterarmen Laserpulsen, also ein Laserpulszug, erzeugen; es wird daher also als vorteilhaft angesehen, wenn das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise zur Nachrichtenübertragung verwendet wird.

10

Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, mit der sich ein besonders jitterarmer optischer Laserpuls mit frei wählbarer, also beliebiger Wiederholrate erzeugen lässt.

- 15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in Unteransprüchen beschrieben.

- 20 Bezüglich der Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ihrer vorteilhaften Ausgestaltungen wird auf die obigen Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen.

Zur Erläuterung der Erfindung zeigt eine Figur ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Vorrichtung, mit der sich auch das erfindungsgemäße Verfahren durchführen lässt.

- Die Figur zeigt einen Signalgenerator 10, der ausgangsseitig über eine erste Ansteuerleitung 20 mit einem Hauptlaser 30 – beispielsweise einem Fabry-Perot-Halbleiterlaser – verbunden ist. Der Signalgenerator 10 ist ausgangsseitig über eine
- 30 zweite Ansteuerleitung 40 mit einem Hilfslaser 50 verbunden, bei dem es sich beispielsweise um einen DFB-Halbleiterlaser oder einen DBR-Halbleiterlaser handeln kann. Die erste Ansteuerleitung 20 und die zweite Ansteuerleitung 40 haben einen gemeinsamen Leitungsabschnitt 60; auf diesem gemeinsamen Leitungsabschnitt 60 sind die beiden Ansteuerleitungen 20 und 40 durch einen einzigen Leiter bzw. eine einzelne
- 35 Leitung gebildet. Die beiden Ansteuerleitungen 20 und 40 teilen sich also diesen gemeinsamen Leitungsabschnitt 60.

An einem optischen Ausgang A des Hilfslasers 50 ist ein Ende einer optischen Übertragungsleitung 100, z. B. einer Glasfaser oder eine Polymerleitung, an den Hilfslaser 50 angeschlossen. Diese Übertragungsleitung 100 ist mit ihrem anderen Ende mit einem ersten Anschluss 110 eines faseroptischen Teilers verbunden. Ein zweiter Anschluss 130 des faseroptischen Teilers 120 ist an einen optischen Ausgang B des Hauptlasers 30 angeschlossen. Ein dritter Anschluss 140 des faseroptischen Teilers 120 bildet den optischen Ausgang 150 einer durch den Signalgenerator 10, die beiden Laser 30 und 50 und den faseroptischen Teiler 120 gebildeten Vorrichtung 160 zum Erzeugen jitterarmer optischer Laserpulse Po.

Die Vorrichtung 160 wird wie folgt betrieben:

An einem Eingang E10 des Signalgenerators 10 wird ein Trigger- oder Synchronisationssignal T an den Signalgenerator 10 angelegt. Bei Eingang des Triggersignals T erzeugt der Signalgenerator 10 einen gaussförmigen Puls P vorgegebener Länge; dieser Puls P bildet ein elektrisches Steuersignal St für den Hauptlaser 30 und ein elektrisches Hilfssteuersignal HSt für den Hilfslaser 50.

Aufgrund der Leitungslänge L1 der ersten Ansteuerleitung 20 benötigt das Steuersignal St eine Laufzeit  $\Delta t_{e1}$ , um von dem Signalgenerator 10 zum dem Hauptlaser 30 zu gelangen.

Das Hilfssteuersignal HSt benötigt für seinen Weg über die zweite Ansteuerleitung 40 mit der Länge L2 eine Laufzeit von  $\Delta t_{e2}$ .

Wenn nun das Hilfssteuersignal HSt im Hilfslaser 50 eintrifft, werden im Hilfslaser 50 Elektron-Lochpaare erzeugt. Sobald die Besetzungsinversion im Hilfslaser 50 erreicht ist, beginnt der Laserbetrieb des Hilfslasers 50 und am Ausgang A wird ein optischer Injektionspuls I abgegeben.

Die Zeitspanne, die zwischen dem Eintreffen des Hilfssteuersignals HSt und dem Erreichen der Besetzungsinversion bzw. der Abgabe des optischen Injektionspulses I vergeht, soll nachfolgend als  $\Delta t_{i2}$  bezeichnet werden.

Der so im Hilfs laser 50 erzeugte optische Injektionspuls I gelangt nun über die optische Übertragungsleitung 100 zum faseroptischen Teiler 120 und von dort zum Haupt laser 30. Für diese Strecke vom Hilfs laser 50 bis zum Haupt laser 30 benötigt der optische Injektionspuls I die Zeit  $\Delta t_{o2}$ .

5

Die Vorrichtung 160 gemäß der Figur ist nun so dimensioniert, dass in dem Haupt laser 30 zum Zeitpunkt des Eintreffens des Injektionspulses I gerade Besetzungsinversion erreicht ist; das heißt, dass der Haupt laser kurz davor steht, selbst in den Laserbetrieb überzugehen. Wie diese „Dimensionierung“ der Vorrichtung 160 erreicht wird, soll nun im Detail erläutert werden:

10

Wie bereits beschrieben, vergeht von dem Zeitpunkt, an dem das Hilfssteuersignal HSt erzeugt wurde, bis zu dem Zeitpunkt, an dem der optische Injektionspuls I den Haupt laser 30 erreicht, eine Zeitspanne  $\Delta t_{ges2}$ , die sich zusammensetzt gemäß:

15

$$\Delta t_{ges2} = \Delta t_{e2} + \Delta t_{i2} + \Delta t_{o2}.$$

Das Steuersignal St benötigt auf der ersten Ansteuerleitung 20 für seinen Weg vom Signalgenerator 10 zum Haupt laser 30 eine Zeitspanne  $\Delta t_{e1}$ . Nach der „Ankunft“ des Steuersignals St werden in dem Haupt laser 30 Elektron-Lochpaare generiert, weil aufgrund des Steuersignals St ein entsprechender Strom durch den Haupt laser 30 fließt. Die Zeitspanne bis zum Vorliegen einer Besetzungsinversion im Haupt laser 30 soll nun mit  $\Delta t_{i1}$  bezeichnet werden.

20

25

Wenn nun also erreicht werden soll, dass im Haupt laser 30 Besetzungsinversion gerade dann erreicht wird, wenn der optische Injektionspuls I im Haupt laser 30 eintrifft, muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\Delta t_{e1} + \Delta t_{i1} = \Delta t_{ges2} = \Delta t_{e2} + \Delta t_{i2} + \Delta t_{o2}.$$

30

Da  $\Delta t_{i1}$  ungefähr so groß ist, wie  $\Delta t_{i2}$  und darüber gilt:

$$\Delta t_{i1} < \Delta t_{e1} \text{ und } \Delta t_{i2} < \Delta t_{e2} + \Delta t_{o2} ,$$

35 kommt man zu der vereinfachten Bedingung:



$$\Delta t_{e1} = \Delta t_{e2} + \Delta t_{o2}$$

5 Diese vereinfachte Bedingung bedeutet also, dass die Laufzeit des elektrischen Steuersignals  $S_t$  angepasst sein soll an die Laufzeitsumme, die sich durch Addition von  $\Delta t_{e2}$  und  $\Delta t_{o2}$  ergibt.

10 Eine Anpassung der Laufzeiten kann nun in unterschiedlicher Weise erfolgen: So kann die Anpassung beispielsweise über die Auswahl der elektrischen Eigenschaften der beiden elektrischen Ansteuerleitungen erfolgen, indem beispielsweise die Dielektrika in den Leitungen und damit die Dielektrizitätszahlen geeignet gewählt werden, woraus sich unterschiedliche Phasengeschwindigkeiten der elektrischen Signale auf den Ansteuerleitungen ergeben würden.

15 Denkbar ist aber auch eine Anpassung über die Auswahl der Längen der beiden elektrischen Ansteuerleitungen. Dies soll nun nachfolgend an einem Beispiel näher erläutert werden, bei dem angenommen wird, dass der optische Injektionspuls  $I$  über eine Glasfaser mit einer Länge  $L_3$  (Brechzahl  $n=1,5$ ) übertragen wird. Die elektrischen Ansteuerleitungen sollen der Einfachheit halber Koaxialleiter ohne Dielektrikum sein:

20

$$\begin{aligned} \Delta t_{e1} &= \Delta t_{e2} + \Delta t_{o2} \\ L_1/c &= L_2/c + L_3/(c/n) \\ \Rightarrow L_1 &= L_2 + n \cdot L_3 \\ &= L_2 + 1,5 \cdot L_3 \end{aligned}$$

25

Im Ergebnis kann die Laufzeitanpassung also erreicht werden, indem die Länge  $L_1$  der ersten Ansteuerleitung 20 geeignet gewählt wird. Statt dessen kann natürlich auch die Länge  $L_2$  der zweiten Ansteuerleitung 40 oder die Länge  $L_3$  der optischen Übertragungsstrecke 100 entsprechend angepasst werden.

30

Eine Feinanpassung der Laufzeiten lässt sich in vorteilhafter Weise mit einem Phasenschieber oder einer Verzögerungsleitung erreichen. Dabei kann es sich um einen elektrischen Phasenschieber oder eine elektrische Verzögerungsleitung handeln, der bzw. die in der ersten oder in der zweiten Ansteuerleitung 20 bzw. 40 angeordnet ist, 35 oder um einen optischen Phasenschieber oder eine optische Verzögerungsleitung in der optischen Übertragungsstrecke 100.

**Bezugszeichen**

	10	Signalgenerator
5	20	Erste Ansteuerleitung
	30	Hauptlaser
	40	Zweite Ansteuerleitung
	50	Hilfslaser
	60	Gemeinsamer Leitungsabschnitt
10	100	Optische Übertragungsleitung
	110	Erster Anschluss eines faseroptischen Teilers
	120	Faseroptischer Teiler
	130	Zweiter Anschluss des optischen Teilers
	140	Dritter Anschluss des faseroptischen Teilers
15	150	Ausgang der Vorrichtung
	160	Vorrichtung
	A	Optischer Ausgang des Hilfslasers
	B	Optischer Ausgang des Hauptlasers
	T	Triggersignal
20	I	Optischer Injektionspuls
	Po	Optische Laserpulse
	St	Steuersignal
	HSt	Hilfssteuersignal
	L1, L1, L3	Längen
	E10	Eingang des Signalgenerators
	$\Delta t_{e1}$	Laufzeit über die erste Ansteuerleitung
	$\Delta t_{e2}$	Laufzeit über die zweite Ansteuerleitung
	$\Delta t_{i1}$	Zeit zum Erreichen der Besetzungsinversion im Hauptlaser
	$\Delta t_{i2}$	Zeit zum Erreichen der Besetzungsinversion im Hilfslaser
30	$\Delta t_{o2}$	Zeit für die Übertragung des optischen Injektionssignals I zum Hauptlaser

## Patentansprüche

## 1. Verfahren zum Erzeugen eines optischen Laserpulses (Po), bei dem

- 5
- ein Hauptlaser (30) mit einem elektrischen Steuersignal (St) angesteuert wird und
  - der optische Laserpuls (Po) mit dem Hauptlaser (30) erzeugt wird,
  - wobei in den Hauptlaser (30) ein optischer Injektionspuls (I) eines Hilfslasers (50) eingespeist wird und
  - 10 - wobei der optische Injektionspuls (I) derart erzeugt wird, dass er in dem Hauptlaser (30) zu einem Zeitpunkt eintrifft, zu dem aufgrund des Steuersignals (St) die Ladungsträgerdichte im Hauptlaser (30) die Schwellladungsträgerdichte gerade erreicht hat oder gerade überschreitet.

## 2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 15
- der optische Injektionspuls (I) durch Anlegen eines elektrischen Hilfssteuersignals (HSt) generiert wird,
  - 20 - wobei das Hilfssteuersignal (HSt) am Hilfslaser (50) zeitlich vor dem Steuersignal (St) am Hauptlaser (30) angelegt wird und
  - wobei die Zeitdifferenz zwischen dem Anlegen des Steuersignals (St) am Hauptlaser (30) und dem Anlegen des Hilfssteuersignals (HSt) am Hilfslaser (50) der Zeitspanne entspricht, die der optische Injektionspuls (I) vom Hilfslaser (50) zum Hauptlaser (30) benötigt.
- 25

## 3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 30
- das zeitversetzte Anlegen des elektrischen Steuer- und Hilfssteuersignals (St, HSt) bewirkt wird, indem die elektrischen Laufzeiten des Steuersignals (St) und des Hilfssteuersignals (HSt) zum Haupt- und Hilfslaser geeignet gewählt werden.

## 4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das elektrische Steuersignal (St) und das Hilfssteuersignal (HSt) mit demselben Signalgenerator (10) erzeugt werden, wobei
- der Signalgenerator (10) über eine erste Ansteuerleitung (20) mit dem Hauptlaser (30) und über eine zweite Ansteuerleitung (40) mit dem Hilfslaser (50) verbunden wird.

10

## 5. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Steuersignal und das Hilfssteuersignal mit zwei synchronisierten Signalgeneratoren erzeugt werden, wobei
- der eine Signalgenerator über eine erste Ansteuerleitung mit dem Hauptlaser und der weitere Signalgenerator über eine zweite Ansteuerleitung mit dem Hilfslaser verbunden wird.

15

## 20 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Länge (L1) der ersten Ansteuerleitung (20) so gewählt wird, dass die Laufzeit des Steuersignals (St) zum Hauptlaser (30) so groß ist wie die Laufzeitssumme, die sich durch Addition aus der Laufzeit, die das Hilfssteuersignal (HSt) über die zweite Ansteuerleitung (40) zum Hilfslaser (50) benötigt, und der Laufzeit, die der optische Injektionspuls (I) vom Hilfslaser (50) zum Hauptlaser (30) benötigt, ergibt.

25

## 30 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der optische Injektionspuls (I) des Hilfslasers (50) über einen optischen Teiler (120) in den Hauptlaser (30) eingespeist wird und

- der optische Laserpuls (Po) des Hauptlasers (30) über diesen optischen Teiler (120) ausgekoppelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

5       dadurch gekennzeichnet, dass

- der optische Injektionspuls und/oder der optische Laserpuls mit einem Halbleiterlaser erzeugt werden.

10     9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

      dadurch gekennzeichnet, dass

- in der beschriebenen Weise eine Vielzahl von optischen Laserpulsen erzeugt wird.

15

10. Vorrichtung zum Erzeugen eines optischen Laserpulses (Po) mit

- einem Hauptlaser (30), der mit einem elektrischen Steuersignal (St) angesteuert wird und den optischen Laserpuls (Po) erzeugt, und
  - einem mit dem Hauptlaser (30) optisch verbundenen Hilfs laser (50), der
- 20       einen optischen Injektionspuls (I) in den Hauptlaser (30) einspeist,
- wobei der Hilfs laser (50) mit einem elektrischen Hilfssteuersignal (HSt) derart beaufschlagt ist, dass sein optischer Injektionspuls (I) in dem Hauptlaser (30) zu einem Zeitpunkt eintrifft, zu dem die Ladungsträgerdichte des Hauptlasers (30) die Schwellladungsträgerdichte
- 25       gerade erreicht hat oder gerade überschreitet.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

      dadurch gekennzeichnet, dass

- 30       -
- das Hilfssteuersignal (HSt) an dem Hilfs laser (50) anliegt, bevor das Steuersignal (St) an dem Hauptlaser (30) anliegt,

- und zwar um eine Zeitdifferenz zeitversetzt, die der Zeitspanne entspricht, die der optische Injektionspuls (I) vom Hilfslaser (50) zum Hauptlaser (30) benötigt.

5

## 12. Vorrichtung nach Anspruch 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das zeitversetzte Anlegen des elektrischen Steuer- und Hilfssteuersignals (St, HSt) bewirkt ist, indem die elektrischen Laufzeiten des Steuersignals (St) und des Hilfssteuersignals (HSt) zum Haupt- und Hilfslasers (30, 50) geeignet gewählt sind.

10

## 13. Vorrichtung nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Hauptlaser (30) über eine erste Ansteuerleitung (20) und der Hilfslaser (50) über eine zweite Ansteuerleitung (40) mit demselben Signalgenerator (10) verbunden sind, der das elektrische Steuersignal (St) für den Hauptlaser (30) und das Hilfssteuersignal (HSt) für den Hilfslaser (50) erzeugt.

20

## 14. Vorrichtung nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Hauptlaser (30) über eine erste Ansteuerleitung (20) mit einem Signalgenerator (10) und der Hilfslaser (50) über eine zweite Ansteuerleitung (40) mit einem weiteren Signalgenerator (10) verbunden ist,
- wobei die beiden Signalgeneratoren (10) synchronisiert sind.

25

30

## 15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Länge der ersten Ansteuerleitung(20) so gewählt ist, dass die Laufzeit des Steuersignals (St) zum Hauptlaser (30) genauso groß ist wie die Laufzeitsumme, die sich durch Addition aus der Laufzeit, die das Hilfssteuersignal (HSt) über die zweite Ansteuerleitung (40) zum Hilfslaser (50) benötigt, und der Laufzeit, die der optische Injektionspuls (I) vom Hilfslaser (50) zum Hauptlaser (30) benötigt, ergibt.

16. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass

- der Hauptlaser (30) über einen optischen Teiler an den Hilfslaser (50) angeschlossen ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass

- der Hilfslaser (50) und/oder der Hauptlaser (30) ein Halbleiterlaser ist.

## Zusammenfassung

### Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen eines optischen Laserpulses

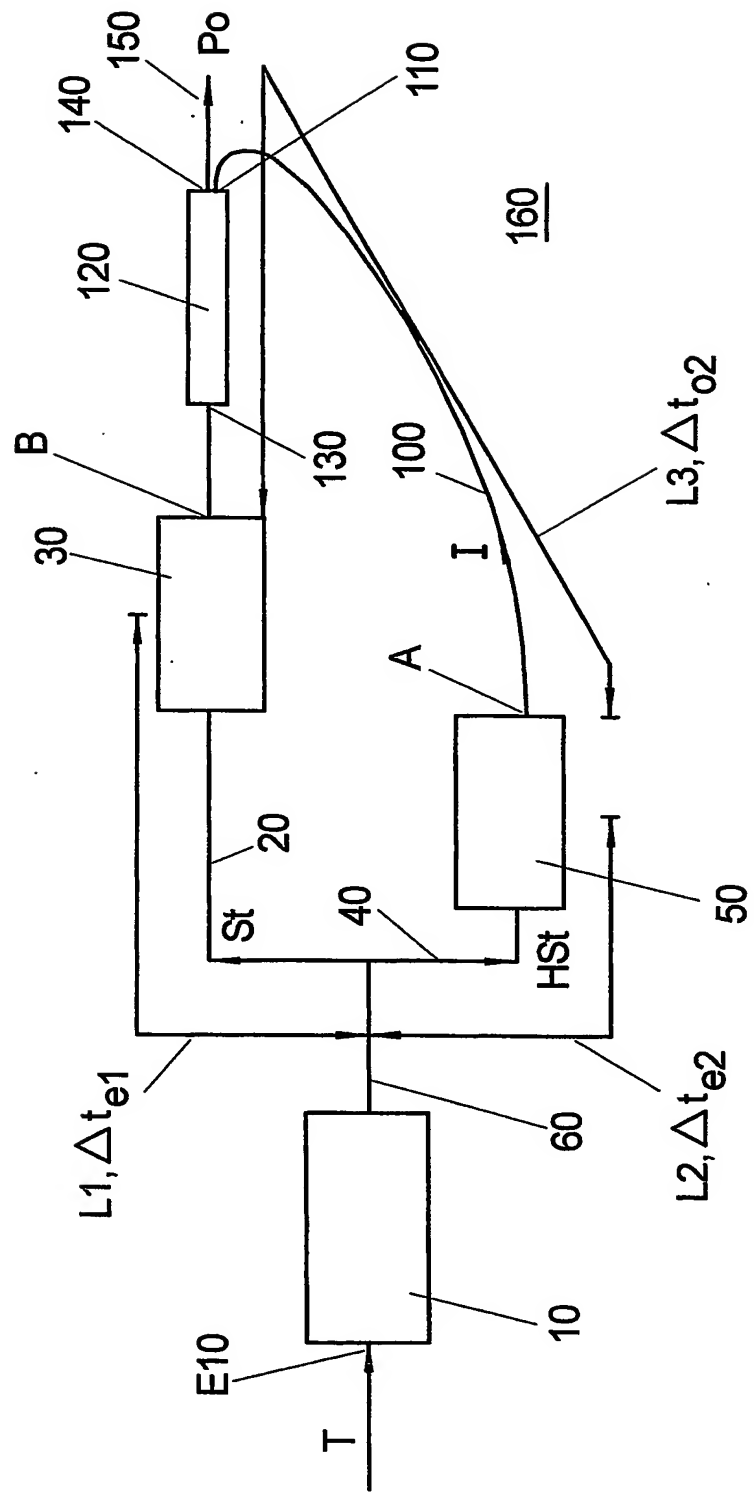
5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erzeugen optischer Laserpulse (Po). Um ein besonders jitterarmes optisches Signal zu erzeugen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass in einen Hauptlaser (30) ein optischer Injektionspuls (I) eines HilfsLasers (50) eingespeist wird. Das Einspeisen erfolgt dabei derart, dass der optische Injektionspuls in dem Hauptlaser (30) zu einem Zeitpunkt eintrifft, zu dem die Ladungsträgerdichte im Hauptlaser (30) die Schwellladungsträgerdichte gerade erreicht hat oder gerade überschreitet.

10

(Fig.)





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**